

DESENVOLVIMENTO DE UMA BOMBA DE INFUSÃO DE SERINGA CONTROLADA VIA APLICATIVO MÓVEL

DEVELOPMENT OF A SYRINGE INFUSION PUMP CONTROLLED VIA MOBILE APPLICATION

Luiz Cezar da Silva^I

Luis Felipe Fadel^{II}

Achilles Marcelo Bermudes^{III}

Matheus Mitsuo de Almeida Kotaki^{IV}

RESUMO

As bombas de infusão são equipamentos eletromédicos extensivamente utilizados nos estabelecimentos assistências de saúde. Essas bombas são empregadas para a regulação do fluxo das substâncias líquidas administradas aos pacientes. Alguns países já apresentam estudos no desenvolvimento de bombas de infusão inteligentes, compostas de tecnologias que proporcionam a melhoria da qualidade do atendimento aos usuários e na prevenção de erros mecânicos e humanos, porém, apresentam um alto custo de aquisição. Com objetivo de desenvolver um sistema de bomba de infusão de seringa utilizando componentes eletrônicos de fácil aquisição e peças produzidas em impressora 3D, buscou-se, por um estudo bibliográfico, o entendimento para a montagem de um protótipo para ser controlado via aplicativo móvel e compatível com seringas comerciais. Assim, foi desenvolvido o sistema cujo componente central é o ESP32, possibilitando a comunicação Bluetooth com um aplicativo. Diante do sucesso do funcionamento do sistema perante testes com algumas substâncias, concluiu-se que integração com um aplicativo permitiu total controle e monitoramento do dispositivo. Algumas melhorias que podem ser implementadas incluem ajustes mecânicos para se obter uma precisão melhor em velocidades pequenas e um sistema de alarme que identifique obstruções.

Palavras-chave: aplicativo móvel; bomba de infusão; controle; monitoramento; seringa.

ABSTRACT

Infusion pumps are electromedical devices extensively used in healthcare facilities. These pumps are employed for regulating the flow of liquid substances administered to patients. Some countries already have studies on the development of smart infusion pumps, incorporating technologies that improve the quality of patient care and prevent mechanical and human errors; however, they have a high acquisition cost. Aiming to develop a syringe infusion pump system using accessible electronic components and 3D-printed parts, a literature review was conducted

^I Dados do autor: Graduando em Sistemas Biomédicos, FATEC Ribeirão Preto, email: luiz.silva392@fatec.sp.gov.br

^{II} Dados do autor: Graduando em Sistemas Biomédicos, FATEC Ribeirão Preto, SP, email: luis.fadel@fatec.sp.gov.br

^{III} Dados do autor: Graduando em Sistemas Biomédicos, FATEC Ribeirão Preto, SP, email: achilles.bermudes@fatec.sp.gov.br

^{IV} Dados do autor: Mestre Docente no curso de Sistemas Biomédicos, FATEC Ribeirão Preto, SP, email: matheus.kotaki@fatec.sp.gov.br

to understand the assembly of a prototype to be controlled via a mobile application and compatible with commercial syringes. Thus, a system was developed with ESP32 as central component, enabling Bluetooth communication with an app. Given the successful operation of the system during tests with some substances, it was concluded that integration with an app allowed total control and monitoring of the device. Some improvements that can be implemented include mechanical adjustments to achieve better precision at low speeds and an alarm system to identify obstructions.

Keywords: control; infusion pump; mobile application; monitoring; syringe.

1 INTRODUÇÃO

A Terapia Nutricional (TN) tem como objetivos prevenir e tratar a desnutrição, atuar na intervenção de procedimentos cirúrgicos e clínicos, melhorar a qualidade de vida do paciente. O déficit nutricional pode resultar no aumento do período de internação, na maior suscetibilidade às infecções, complicações pós-operatórias, retardo na recuperação, aumento da mortalidade e elevação dos custos hospitalares (CAMPOS, F. A.; CAETANO, J. A.; ALMEIDA, P. C.; SILVA, V. M., 2016).

A terapia nutricional enteral (TNE) é compreendida como a nutrição ofertada ao trato gastrointestinal através de uma sonda ou estoma. Na impossibilidade de satisfazer as necessidades nutricionais por via oral, a nutrição enteral (NE) é o principal meio de fornecer suporte nutricional para pacientes hospitalizados (Bankhead R, Boullata J, Brantley S, Corkins M, Guenter P, Krenitsky J et al., 2009).

Em ambientes hospitalares, bombas de administração dietética são dispositivos comumente recorridos pelos benefícios de um rígido controle sobre volume e tempo programados, proporcionando uma administração contínua e regular e contando com alarmes projetados para sinalizar interrupções ou alterações do fluxo previamente estabelecido. Isso melhora a oferta nutricional e previne intolerâncias gastrointestinais como vômito, diarreia, distensão abdominal, resíduo gástrico (Bankhead R, Boullata J, Brantley S, Corkins M, Guenter P, Krenitsky J, et al., 2014)

As bombas de infusão inteligentes são equipamentos informatizados destinados a alertarem o profissional, no caso de uma dose programada encontrar-se fora de limites preestabelecidos, prevenindo assim, que doses erradas sejam administradas, agindo em situações nas quais, até então, não se identificava possibilidade de prevenção de erros humanos (SIMS et al., 2003; WILSON et al., 2004).

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é analisar os benefícios e desafios da integração das bombas de infusão com um sistema de controle e monitoramento, desenvolver um sistema automatizado de infusão que permita o controle preciso do volume e da taxa de infusão de líquidos ou medicamentos, utilizando uma bomba de seringa integrada a um microcontrolador ESP32 possibilitando o acompanhamento e ajuste dos parâmetros da infusão através de um aplicativo móvel.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Existem diferentes tipos de bombas de infusão, incluindo bombas de seringa, que são frequentemente utilizadas para infusões de pequeno volume em baixas taxas de fluxo (Wallace, 1996). As bombas volumétricas, por outro lado, são adequadas para infusões de grande volume e são conhecidas por sua precisão e sistemas de alarme abrangentes (Wallace, 1996). A escolha do tipo de bomba depende das necessidades específicas do paciente e do ambiente clínico (Mandel, 2017).

Apesar de sua importância, as bombas de infusão não estão isentas de desafios. Problemas como o fluxo livre inadvertido, que pode ocorrer devido a erros na configuração ou falhas mecânicas, representam riscos significativos (Wallace, 1996). Além disso, a precisão da taxa de fluxo pode ser afetada por fatores mecânicos e fisiológicos, como a viscosidade do fluido e a posição do paciente (Atanda *et al.*, 2023). A segurança das bombas de infusão é uma preocupação constante, e a implementação de sistemas de alarme e conectividade com registros eletrônicos de saúde (EHRs) tem sido uma estratégia para mitigar riscos (Chaturvedi *et al.*, 2019; Gray, 2017).

A integração das bombas de infusão com sistemas de registros eletrônicos de saúde é uma tendência crescente, permitindo uma comunicação bidirecional que pode melhorar a segurança do paciente (Chaturvedi *et al.*, 2019). No entanto, essa integração também traz desafios, como a necessidade de padronização de bibliotecas de medicamentos e fluxos de trabalho (Chaturvedi *et al.*, 2019). A conectividade aumentada das bombas de infusão com redes hospitalares introduz riscos de cibersegurança, exigindo medidas para proteger contra acessos não autorizados e interferências (Gray, 2017; O'Brien *et al.*, 2018).

No contexto neonatal, as bombas de infusão são cruciais para a administração precisa de medicamentos e nutrientes, garantindo que os recém-nascidos recebam o tratamento adequado sem riscos de sobrecarga ou subdosagem (Norton & Jha, 2023; Kan & Levine, 2021). Em países de baixa e média renda, a disponibilidade de bombas de infusão para cuidados neonatais ainda é limitada, destacando a necessidade de esforços para melhorar a distribuição e o acesso a esses dispositivos (Norton & Jha, 2023).

Segundo ABNT (1999) as bombas de infusão são aplicadas diretamente na administração de líquidos a serem infundidos a pacientes que necessitam de tratamento que use algum medicamento ou alimentação, sendo que esta infusão podem ser administradas por via enteral ou parental (administração da droga por injeção, liberando-a diretamente no líquido tecidual ou no sangue, sem atravessar a mucosa intestinal, possui ação mais rápida e segura, não provocando irritação gástrica nem vômito (Amorim, 2018) usando-se uma bomba adequada conforme a necessidade utilizando taxas e volumes variáveis.

De acordo Button (2002) as bombas de infusão são utilizadas em vários setores hospitalares, tais como, no setor de oncologia na administração de quimioterápicos, em UTI (Unidade de Terapia Intensiva) na administração contínua de drogas cardiovasculares, em unidades de queimados, antes e depois de processos operatórios, tratamento de pacientes desidratados, setor neonatal, sendo importante se possuir alta exatidão dos equipamentos em virtude do baixo peso e fragilidade do paciente e em tratamentos intravasculares feitos na casa do paciente.

Os critérios mais importantes para se usar as bombas de infusão são aplicação dos líquidos com necessidade de alta exatidão e de grandes volumes, uso de pressão positiva acima da pressão sanguínea, evitando que o volume total a ser infundido seja ultrapassado, atender as especificações do fabricante da droga, diminuir os riscos ao paciente, principalmente se tratando de fluxo livre e risco de overdose ao paciente. Silva Junior (2004).

2.1 BOMBA DE SERINGA

As bombas de seringa são mais precisas, oferecendo o fluxo contínuo para pequenos volumes sendo utilizadas para a infusão de medicamentos com concentração elevada, aplicações pediátricas e terapia intensiva. Devido à grande precisão mesmo sendo para baixos volumes, são normalmente utilizadas na infusão de medicamentos e suplemento alimentar que exijam exatidão na dose. Também são simples de usar e apresentam uma grande confiabilidade. Na figura 1 temos o exemplo de uma bomba comercial da Samtronic.

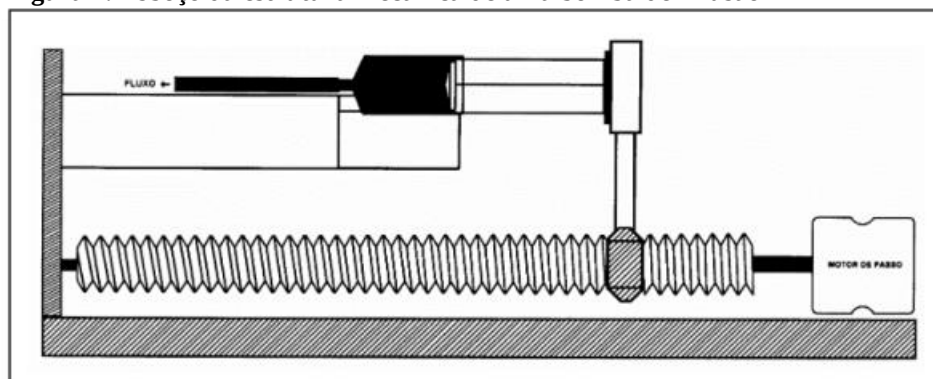
Figura 1: Bomba de seringa fabricante Samtronic.



Fonte: Kesa (2025)

O mecanismo da bomba de seringa utiliza uma haste com rosca sem fim para movimentar o êmbolo de uma seringa, que contém o líquido a ser infundido, e que é acionada por um motor de passo. Quando a haste é rotacionada pelo motor, a plataforma é deslocada linearmente com o êmbolo da seringa em direção ao bico causando a vazão do fluido, conforme o esboço da estrutura mecânica mostrada na figura 2.

Figura 2: Esboço da estrutura mecânica de uma bomba de infusão



Fonte: BUTTON (2002)

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

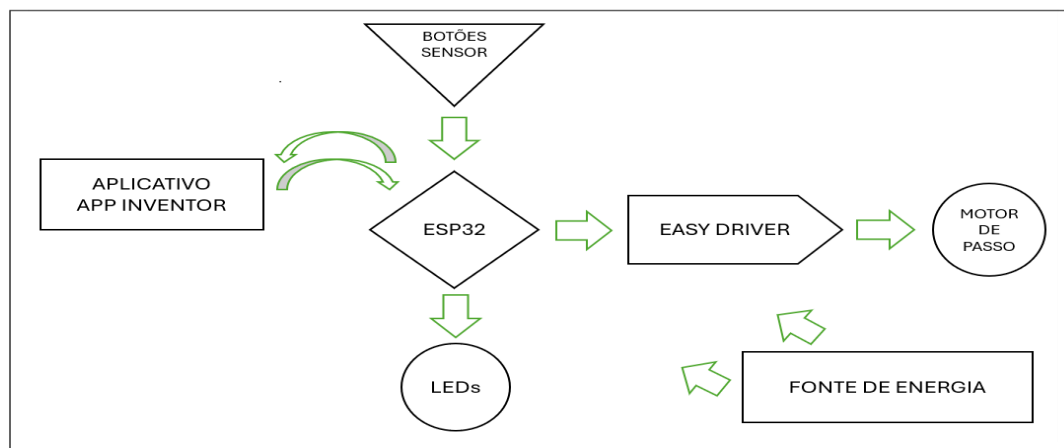
Quanto à área de conhecimento este projeto, segundo a CAPES, é classificado como Engenharia, na subárea de Engenharia biomédica. Nesta seção apresenta-se a metodologia de desenvolvimento do trabalho. São abordados fatores relacionados à integração do sistema de controle e monitoramento que permitem o acionamento do protótipo de bomba de infusão que foi construído para a diminuição de ocorrência de falhas. A metodologia empregada envolveu uma extensa pesquisa bibliográfica para embasar o conhecimento sobre Bombas de Infusão e as necessidades da área da saúde. Posteriormente, seguiu-se com o desenvolvimento e construção de um protótipo funcional de bomba de infusão por seringa controlada por dispositivo móvel.

3.1 O PROJETO

O projeto deste artigo é composto por um mecanismo de infusão semelhante ao da figura 2, foi construído sobre um chassi de plástico feito em impressora 3D, controlado pelo sistema ESP32 e aplicativo via celular ou tablet com comandos de acionamento da velocidade de infusão de acordo com o tamanho da seringa escolhida. É constituído pelas seguintes partes: o

circuito eletrônico de controle com um microcontrolador ESP32, um driver que controla o motor, um motor de passo, chave de fim de curso, chave para ajuste do embolo da seringa e fonte de alimentação. Um diagrama em blocos com uma visão geral da montagem está na figura 3.

Figura 3: Diagrama em blocos do projeto

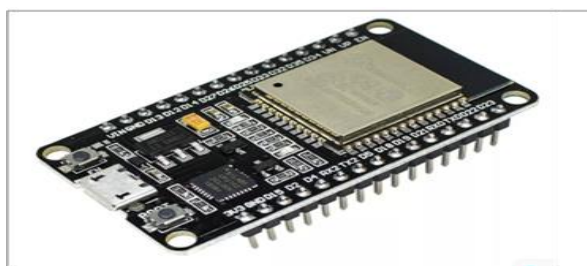


Fonte: Elaborada pelos autores

3.2 ESP32 E APLICATIVO

Todo o processo de infusão é controlado pelo microcontrolador ESP32 WROOM-32, mostrado na figura 4, que também integra módulos Bluetooth e Wi-Fi, possibilitando conectividade sem fio com dispositivos externos, como computadores ou dispositivos móveis, para visualização de uma interface gráfica em tempo real. Para esse microcontrolado foi utilizado o software Arduino IDE (Integrated Development Environment) que é gratuito e serve como ambiente de desenvolvimento integrado para programar placas como Arduino e ESP32.

Figura 4: Microcontrolador ESP32



Fonte: Site Mercado Livre^v

Em conjunto e conectado com o ESP32, no APP INVENTOR, foi desenvolvido o aplicativo móvel para o controle a distância, eliminando botões e displays normalmente usados em bombas infusoras comerciais, que encareceria a construção do protótipo. A interface, mostrada na figura 5, não só permite o controle da bomba através do acionamento, com velocidades variadas, e da parada de infusão, mas também indica ao usuário sobre o fim da infusão mudando as cores e sinais dos botões.

^v Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-5267460940-kit-50-do-it-devkit-com-esp32-wroom-32-30-pino-wifi-bluetooth-_JM#polycard_client=recommendations_vip-seller_items-above&reco_backend=ranker-etsys-same-seller&reco_model=rk_entity_sameseller&reco_client=vip-seller_items-above&reco_item_pos=1&reco_backend_type=low_level&reco_id=a4918910-5630-4bf3-b324-1091c71c8f0f&wid=MLB5267460940&sid=recos>

Figura 5: Interface gráfica do APP INVENTOR



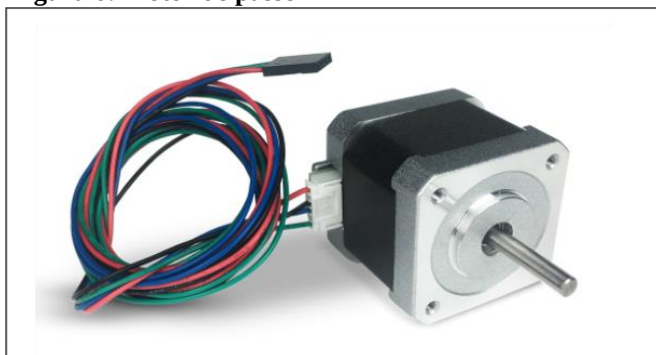
Fonte: Elaborada pelos autores

3.3 MOTOR DE PASSO E DRIVER

Os fabricantes de bombas de infusão utilizam o motor de passo como força de direcionamento do fluido. Os motores de passo podem ser diretamente controlados por um sistema digital, o que os tornam precisos em aplicações que necessitam de um ajuste fino de posicionamento. O motor de passo consiste num motor DC de magnetos permanentes ou de relutância variável que apresenta rotação em ambas as direções,

Um motor de passo pode mover-se em incrementos angulares bastante exatos, conhecidos como passos, em resposta a pulsos digitais aplicados a um driver a partir de um controlador digital, neste projeto, o microcontrolador ESP32. Para o acionamento do motor, optou-se pelo módulo de acionamento para motores de passo chamado EASY DRIVER A3967 que possibilita o acionamento das bobinas do motor com correntes e tensões mais altas, o que não seria possível diretamente com as saídas do ESP32. Este projeto utilizou um motor de passo unipolar NEMA17 e driver para acionamento mostrados na figura 6 e 7 respectivamente.

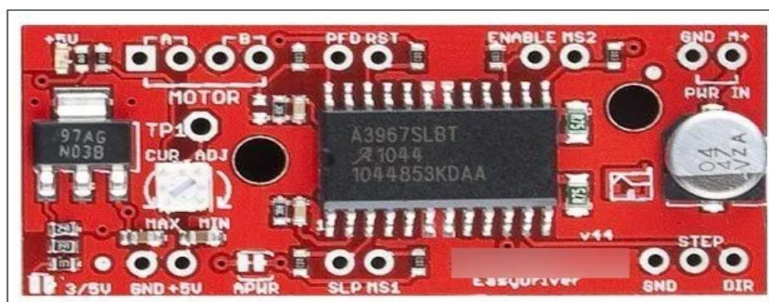
Figura 6: Motor de passo NEMA17



Fonte: Site Robocore^{VI}

^{VI} Disponível em: < <https://www.robocore.net/motor-motoredutor/motor-de-passo-nema17-4kgf>

Figura 7: Módulo EASY DRIVER



Fonte: Site Mercado Livre^{VII}

3.4 CHASSI DO PROTÓTIPO

Para a construção do chassi do protótipo, foi usado um modelo de arquivo “.STL” de código aberto, do site “THINGIVERSE”. O código serviu para confecção do chassi, em uma impressora 3D, mostrado na figura 8. O filamento usado para a impressão é de material ABS, Derivado do petróleo, é um dos materiais mais utilizados para impressões 3D, é resistente a altas temperaturas e impactos, com visual opaco para peças que necessitam de menos brilho. A vantagem da impressão 3D se destacou em relação a uma montagem manual onde é preciso trabalhar outros materiais, como alumínio, dispensando tempo, ferramentas e custos para produzir uma peça igualmente funcional.

Figura 8: Chassi do protótipo



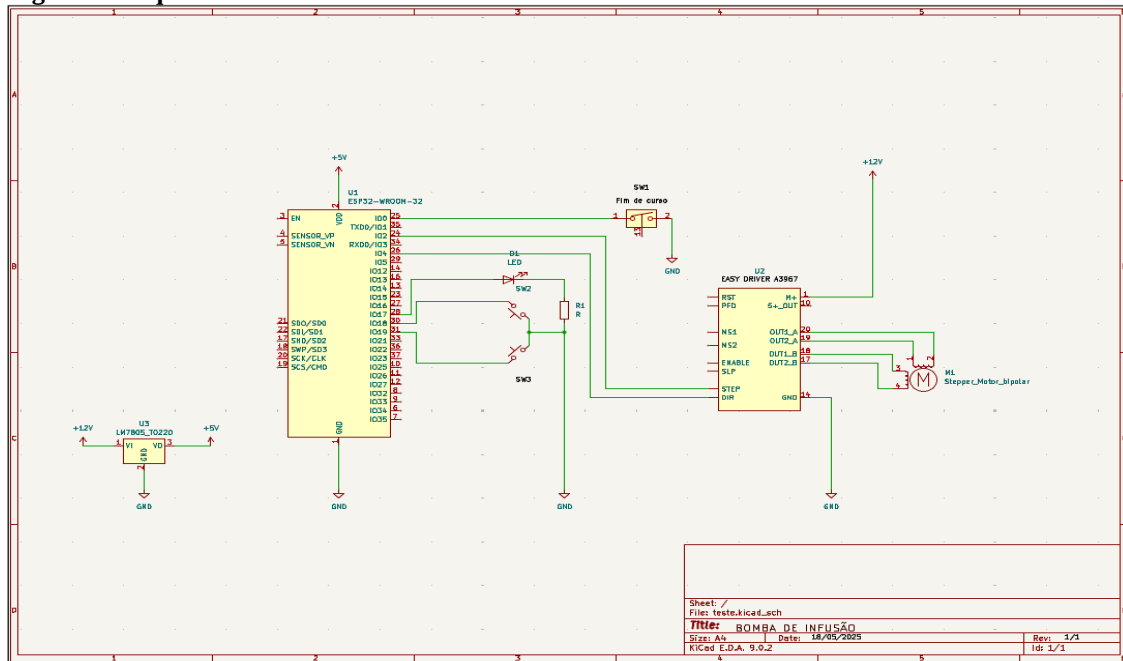
Fonte: Elaborada pelos autores

3.5 ESQUEMA ELETRICO

Na figura 9 temos o esquema elétrico do projeto elaborado com o uso do software KiCad.

^{VII} Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1502088546-modulo-easy-driver-v44-a3967-realengo-_JM>

Figura 9: Esquema elétrico



Fonte: Elaborada pelos autores

3.6 MATERIAIS

O Quadro 1 apresenta a lista de materiais utilizados no desenvolvimento do protótipo.

Quadro 1 - Lista de materiais usados no desenvolvimento do sistema de micro infusão.

Quant.	Elementos	Descrição
01	Microcontrolador	Placa ESP32 WROOM-32
01	Driver de Motor de Passo	Easy driver A3967
01	Motor de Passo Nema17	NEMA17 ak17/1.1F6ln1.8
01	Regulador 5V	AMS1117-5.0
01	Rolamento	Rolamento 6082 RS
01	Barra Roscada	Barra roscada 220mm
02	Barra lisa	Barra lisa 240mm
01	Caixa base acrílica	Caixa base acrílica
01	Micro switch sensor	Micro switch fim de curso
01	Chave liga/desliga	Chave liga/desliga
01	Chave avança/retrocede	Chave avança/retrocede
03	Leds verde, azul e vermelho	Leds indicativo
03	Resistores	Resistores 330Ω
01	Fonte externa	Entrada Bivolt-Saída 12Vx3A
01	Bateria	Bateria 12V
01	Placa	Fenolite perfurada

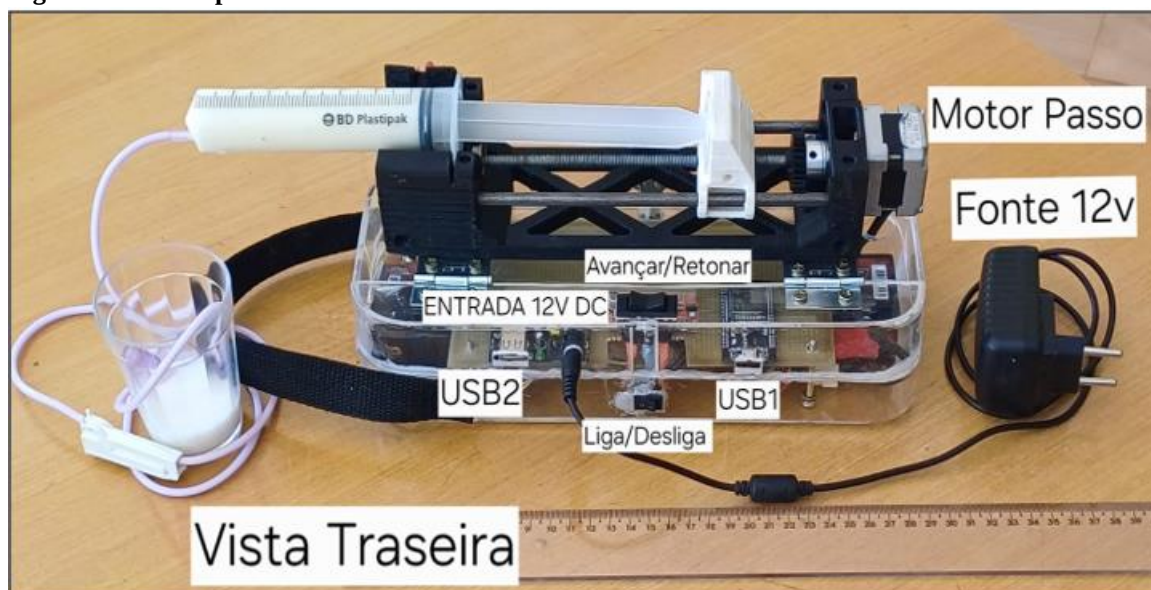
Fonte: Elaborado pelos autores

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema desenvolvido foi exposto detalhando suas principais partes e os processos de

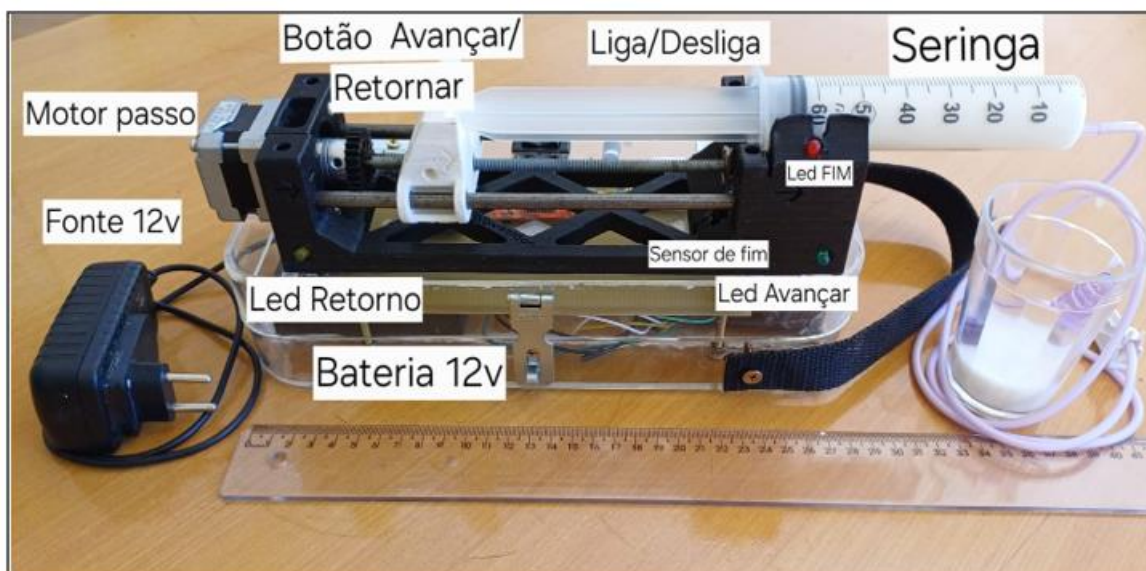
fabricação usados para o desenvolvimento da parte estrutural e da parte de controle. Os testes foram realizados usando substâncias como a água e óleo mineral tendo teor de viscosidade distintos. Com um botão adicionado no protótipo, avanço e reverso do suporte do embolo, é possível usar diversos tamanhos de seringa para infusão. Um switch de fim de curso foi instalado no mecanismo para parar a rotação do motor sinalizando no aplicativo o fim da infusão. A figuras 10 e 11 mostram como ficou o mecanismo após a finalização da montagem e testes.

Figura 10: Protótipo – Vista traseira



Fonte: Elaborada pelos autores

Figura 11: Protótipo – Vista frontal



Fonte: Elaborada pelos autores

O sistema de controle e monitoramento de fácil operação do aplicativo, foi desenvolvido com intuito de diversificar o controle de manipulação proposto, que atendeu as expectativas, possibilitando ao operador realizar as configurações de tempo de vazão com cinco velocidades diferentes. Com o objetivo de ser alertado sobre o fim da infusão, o aplicativo sinaliza com a mensagem “END” no botão “STOP”, e durante o processo é possível parar a infusão

pressionando o mesmo botão.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho alcançou seus objetivos ao desenvolver uma bomba de infusão com controle via aplicativo móvel, possibilitando analisar os desafios da integração de bombas de infusão com um sistema de controle sem fio.

O protótipo construído utilizando como componente central o ESP32 demonstrou sucesso nos testes realizados. A integração com um aplicativo móvel permitiu o acionamento e ajuste de velocidade de operação, assim como o seu monitoramento.

Possíveis sugestões para trabalhos futuros incluem testes aprofundados com alterações no código fonte para quantizar o tempo por volume de infusão de acordo com o tamanho da seringa, a instalação de uma engrenagem redutora no eixo de barra roscada, para alcançar velocidades menores com maior precisão, principalmente com seringas menores. E a instalação, e acréscimo no código fonte, de um sistema de sensor de obstrução, possivelmente um sensor de corrente, junto com uma sinalização alarmante no APP, o que evitaria o atraso da infusão e sucesso na sua administração.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, B. C. Principais vias de administração de medicamentos. Portal Educação, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/farmacia/principais-vias-de-administracao-de-medicamentos/15323>. Acesso em: 14 abr. 2025.
- ATANDA, O. et al. Flow rate accuracy of infusion devices within healthcare settings: a systematic review. *Therapeutic Advances in Drug Safety*, v. 14, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/20420986231188602>. Acesso em: 14 abr. 2025.
- BANKHEAD, R. et al. Enteral nutrition practice recommendations. *JPEN Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, v. 33, n. 2, p. 122-167, 2009.
- BUTTON, V. L. S. N. Dispositivos de infusão. São Paulo: UNICAMP, 2002. E-book.
- CAMPOS, F. A.; CAETANO, J. A.; ALMEIDA, P. C.; SILVA, V. M. Terapia de nutrição enteral: construção e validação de protocolo. *Revista Enfermagem UERJ*, Rio de Janeiro, v. 24, n.2, p.e11625, nov./mar.2016. Disponível em: <https://www.epublicacoes.uerj.br/index.php/enfermagemuerj/article/view/11625/19415>. Acesso em: 20 out. 2020.
- CHATURVEDI, R. et al. Technology isn't the half of it: integrating electronic health records and infusion pumps in a large hospital. *Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety*, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jcjq.2019.07.006>. Acesso em: 14 abr. 2025.
- GRAY, G. Ensuring secure and safe infusion delivery in a connected world. *Biomedical Instrumentation & Technology*, v. 51, s6, p. 38-41, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.2345/0899-8205-51.s6.38>. Acesso em: 14 abr. 2025.

MANDEL, J. Understanding infusion pumps. *Anesthesia & Analgesia*, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002396>. Acesso em: 14 abr. 2025.

NORTON, O.; JHA, P. Defining the current deployment of neonatal infusion pumps in low- and lower-middle-income countries: a rapid review. *Global Pediatric Health*, v. 10, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/2333794X221127489>. Acesso em: 14 abr. 2025.

SILVA JÚNIOR, A. M. Sistema para avaliação da funcionalidade de bombas de infusão. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/87195>. Acesso em: 10 set. 2018.

SIMS, N. IV Infusion pumps: the missing component in bar code medication administration systems. *Hospital Pharmacy*, v. 38, n. 11, p. 26-27, 2003.

THINGIVERSE. Bomba de seringa de código aberto. 2018. Disponível em: <https://www.thingiverse.com/thing:3074853>. Acesso em: 10 mar. 2025.

WALLACE, P. Infusion systems. *Anaesthesia*, v. 51, p. 93-101, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.1996.tb07840.x>. Acesso em: 14 abr. 2025.

WHITE, H.; KING, L. Enteral feeding pumps: efficacy, safety, and patient acceptability. *Medical Devices: Evidence and Research*, v. 7, p. 291-298, 2014.

WILSON, Karen; SULLIVAN, Mark. Preventing medication errors with smart infusion technology. *American Journal of Health-System Pharmacy*, v. 61, n. 2, p. 177-183, 2004.